

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sugu Kayu Manual

Sugu atau Ketam kayu manual merupakan alat pertukangan kayu yang digunakan baik untuk mendapatkan ukuran kayu tertentu, membuat profil maupun menghaluskan permukaan kayu yang sulit didapatkan dengan menggunakan ketam mesin.



Gambar 2.1 Sugu Kayu Manual  
(Sumber : Tokopedia.com)

### 2.2 Baja Karbon

Menurut Sumiyanto (2012), baja karbon merupakan salah satu jenis baja yang dapat diubah sifat mekanisnya dengan cara perlakuan panas (*Heat Treatment*).

Pada penelitian yang pernah dilakukan Bambang Kuswanto (2010), (Perlakuan *pack carburizing* pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna). Penelitian dilakukan terhadap baja karbon rendah melalui proses *pack carburizing* temperatur  $900^{\circ}\text{C}$ , waktu penahanan 2 Jam. Dari percobaan ini menghasilkan kesimpulan bahwa telah terjadi difusi atom karbon (C) kedalam struktur baja. Hal ini ditunjukkan adanya kenaikan kekerasan permukaan material dan perubahan struktur micro.

Pada Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon dibawah 2% menjadi perhatian utama untuk

proses *heat treatment* pada baja. Diagram fasa hanya berlaku untuk perlakuan panas pada baja hingga mencair dengan proses pendinginan secara perlahan-lahan sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*Continuous Cooling Temperatur*).

### 2.2.1 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon antara 0,008% – 0,3% C. Baja karbon rendah dalam pasaran biasanya dibuat dalam bentuk plat baja, baja batang, dan *progril*. Rusmardi (2009: 37) menyebutkan berdasarkan jumlah karbon yang terkandung baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

- Baja karbon rendah yang mengandung 0,008% – 0,1% C dijadikan baja-baja plat atau *strip*.
- Baja karbon rendah yang mengandung 0,5% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
- Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% – 0,25% C digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan atau dijadikan baja-baja konstruksi
- Baja karbon rendah yang mengandung 0,2% – 0,3% C digunakan untuk membuat baut-baut dan paku-paku keling atau untuk keperluan konstruksi.

### 2.2.2 Baja Karbon Sedang

Baja karbon ini mengandung karbon antara 0,3% – 0,6% C. Baja karbon ini banyak dipergunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian-bagian dalam mesin. Rusmardi (2009: 37) menyebutkan berdasarkan jumlah karbon yang terkandung baja, maka baja karbon sedang dapat digunakan untuk hal-hal sebagai berikut:

- Mengandung 0,4% C digunakan untuk keperluan industri kendaraan, misalnya untuk bahan membuat baut, mur, poros engkol, batang torak, atau poros-poros dan lain sebagainya.
- Mengandung 0,5% C digunakan untuk membuat roda-roda gigi, martil, dan *clamp* (alat penjepit).
- Mengandung 0,55% – 0,6% C dipergunakan untuk membuat pegas.

### 2.2.3 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon ini mengandung karbon antara 0,7% – 1,3% C, baja-baja jenis ini biasanya dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang mengalami panas. Rusmardi (2009: 37) menyebutkan berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalamnya baja karbon tinggi dapat digunakan untuk hal-hal sebagai berikut:

- Mengandung kira-kira 0,9% C dipergunakan untuk pembuatan pegas-pegas, alat perkakas seperti paron/landasan, palu, gergaji, dan pahat potong.
- Mengandung karbon 1% – 1,5% C dipergunakan untuk pembuatan kikir, pisau-pisau cukur dan yang lainnya.

## 2.3 Karburasi (*Carburizing*)

Karburasi merupakan proses termokimia atau *chemical heat treatment* yang dilakukan dengan mengubah komposisi kimia permukaan baja untuk memperkaya unsur karbon pada permukaan baja pada suhu 850–950°C (Malau, 1999), sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu.

Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom yang terdapat di sekitar substrat dibandingkan dengan jumlah atom yang terdapat di dalam substrat (Schonmetz dan Gruber, 1994).

Proses karburasi yang tepat akan menambah nilai kekerasan pada permukaan sedangkan pada bagian inti tetap liat. Proses *carburising* atau pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan metode padat, cair dan gas (Amstead, 1979).

### 2.3.1 Karburasi Padat (*Pack Carburizing*)

Karburasi padat ( *pack carburizing* ) adalah proses karburasi dimana bahan dimasukkan kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang kayu atau kokas ataupun bahan yang berunsur karbon. Prosesnya memerlukan waktu lama.

### 2.3.2 Karburasi Gas (*Gaz Carburizing*)

Karburasi gas ( *gaz carburizing* ) adalah proses karburasi menggunakan gas alam atau hidrokarbon maupun propan ( gas karbit ) sebagai media karburasi. Karburasi gas diterapkan untuk bagian – bagian yang kecil dan dapat dicelup setelah pemanasan di dalam dapur pemanas.

### 2.3.3 Karburasi Cair (*Liquid Carburizing*)

Pada Karburasi cair ( *liquid carburizing* ) adalah proses karburasi dimana baja dipanaskan dalam suhu tertentu di dalam dapur yang mengandung garam *cyanide* sehingga karbon dan sedikit nitrogen dapat berdifusi kedalam lapisan kulit luar.

Pada bagian kulit luar akan memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dan kadar nitrogen yang lebih rendah. Cara ini cocok untuk pengerasan permukaan benda yang memiliki ukuran sedang.

## 2.4 *Pack Carburizing*

Proses karburasi merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam khususnya pada bagian permukaannya dimana unsur karbon ini didapat dari bahan–bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat.

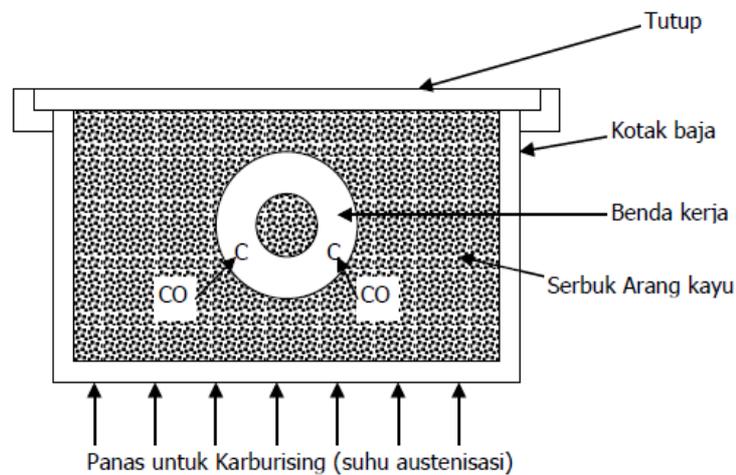
*Pack carburizing* adalah metode karburasi padat dan merupakan metode karburasi yang paling mudah dilakukan karena dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana. Pada proses karburasi sumber karbon yang dapat digunakan berasal dari media padat antara lain dari arang kayu, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi. Di sekitar kita bahan-bahan tersebut sangat mudah untuk didapatkan.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, bahan yang baik untuk digunakan sebagai media karburasi adalah menggunakan arang dari tempurung kelapa, walaupun perbedaan nilai kekerasannya tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan media arang kayu (Eko J.A., 2006).

Dalam proses pengerasan permukaan pada logam dapat dilakukan dengan menambahkan unsur–unsur tertentu ke logam dasar tersebut seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen, dan yang lainnya. Untuk mempercepat

proses maka ditambahkan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau natrium karbonat ( $\text{NaCO}_3$ ) sebagai *energizer* yang bersama-sama material dimasukkan ke dalam kotak kedap udara untuk dipanaskan pada dapur pemanas pada temperatur *carburizing* (Suherman, W. 1987).

Pada penelitian yang dilakukan Eko J.A (2006) mengenai pengaruh media karburasi dan bahan kimia aktif terhadap kekerasan cangkul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media karburasi yang menghasilkan kekerasan yang lebih baik adalah dengan menggunakan arang tempurung kelapa. Sedangkan bahan kimia aktif yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi adalah  $\text{BaCO}_3$ .



Gambar. 2.2 Proses *Pack Carburizing*  
(Sumber: Budinski, G.K, *Engineering Materials Properties Selection*  
"Fourth Edition". Prentice Hall. New Jersey, 1992.)

Pada suhu tinggi baja, mampu melarutkan banyak karbon, sehingga dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya.

Tebalnya bagian permukaan benda yang menjadi keras (*depth of case hardening* = DC) dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus proses difusi berikut :

$$DC = k\sqrt{t}$$

Dengan: DC = Depth of Case

t = Time in hours.

k = Konstanta difusi.

**Tabel 2.1** Temperatur dan Konstanta Difusi

Temperatur, °C	875	900	925
Konstanta, k	0,34	0,41	0,52

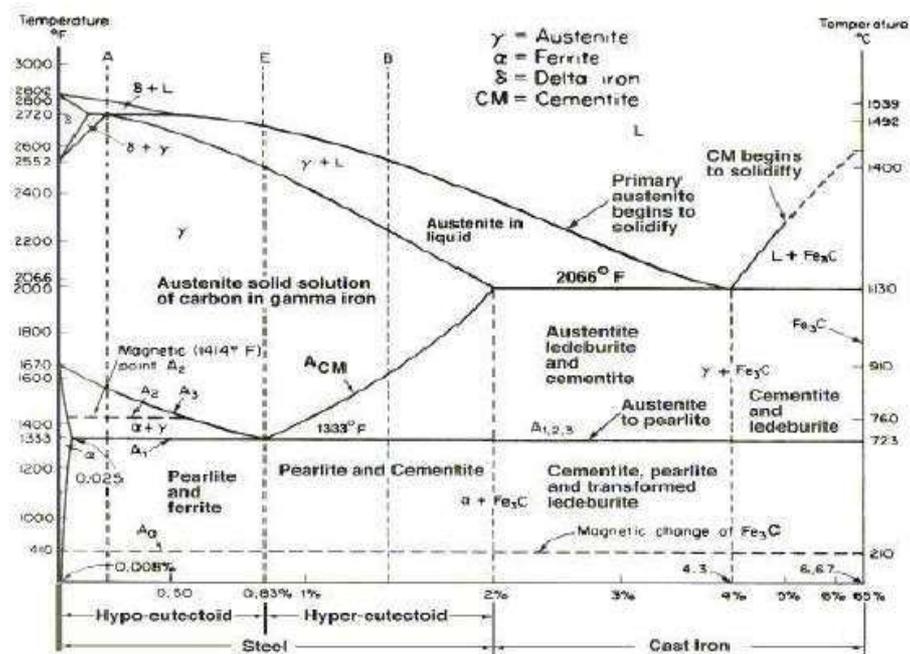
(sumber: K-Ethelning, page.446)

## 2.5 Pendinginan (*Quenching*)

Proses *quenching* baja adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai batas austenit yang homogen. Untuk mendapatkan kehomogenan ini maka austenit perlu waktu pemanasan yang cukup. Selanjutnya secara cepat baja tersebut dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja. Pada waktu pendinginan yang cepat pada fase austenit tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit oleh karena itu terjadi fase lalu yang martensit, ini berupa fase yang sangat keras dan bergantung pada keadaan karbon (Wili, 2016).

Pada penelitian (Simeon, dkk, 2010) mengenai pengaruh proses *carburizing* terhadap sifat fisis dan mekanis sudu *blower dinamo ampere* pada mobil diesel didapatkan kesimpulan bahwa lama waktu penahanan (*holding time*) pada material ini mempengaruhi sifat mekanis material yaitu terhadap nilai kekerasan. Dimana material dasar tanpa perlakuan memiliki kekerasan rata-rata sebesar 664,1 kg/mm<sup>2</sup>, material hasil *quenching* 850 °C dengan *holding time* 1 jam sebesar 723,64 kg/mm<sup>2</sup> dan material hasil *quenching* 850 °C dengan *holding time* 2 jam sebesar 730,5 kg/mm<sup>2</sup>.

Pada Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon dibawah 2% menjadi perhatian utama untuk proses *heat treatment* pada baja. Diagram fasa hanya berlaku untuk perlakuan panas pada baja hingga mencair dengan proses pendinginan secara perlahan-lahan sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*Continuous Cooling Temperatur*).



Gambar 2.3 Diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C  
(Sumber : Djaprie, 1983)

- 1) Ferit ( $\alpha$ ) adalah larutan padat intertisi karbon dalam struktur kristal BCC besi. Dalam diagram fasa kelarutan karbon maksimum dalam  $\alpha$  adalah 0,02% pada 723<sup>0</sup> C. Kelarutan karbon dalam ferit menurun menjadi 0,005% pada 0<sup>0</sup> C.
- 2) Austenit ( $\gamma$ ) adalah larutan padat intertisi karbon didalam struktur kristal FCC besi. Kelarutan karbon dalam austenit lebih besar dari ferit. Kelarutan karbon maksimum dalam austenit adalah 2 % pada 1148<sup>0</sup> C dan menurun menjadi 0,8% C pada 723<sup>0</sup> C.

- 3) Sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) adalah senyawa logam dengan karbon. Limit kelarutannya diabaikan dan komposisi karbon 6,7% dan 93,3% Fe. Sementit adalah senyawa keras dan getas.
- 4) Besi ( $\delta$ ) adalah larutan padat intertisi karbon dalam struktur kristal besi BCC, mempunyai konstanta kisi yang lebih besar dibanding  $\alpha$ . Kelarutan karbon maksimum dalam  $\delta$  adalah 0.09% pada  $1465^0\text{C}$ .

Proses pengerasan (*quenching*) dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu (Arief, 2012) : Pendinginan langsung, pendinginan tunggal dan pendinginan ganda.

### **2.5.1 Pendinginan langsung (*Direct Quenching*)**

Pendinginan secara langsung dari media karburasi Efek yang timbul adalah kemungkinan adanya pengelupasan pada benda kerja Pada pendinginan langsung ini diperoleh permukaan benda kerja yang getas.

### **2.5.2 Pendinginan Tunggal (*Single Quenching*)**

*Single quenching* merupakan pendinginan benda kerja setelah benda kerja tersebut di karburasi dan telah didinginkan pada suhu kamar. Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusisitas dari atom – atom karbon, dan agar gradien komposisi lebih halus.

### **2.5.3 Pendinginan Ganda (*Double Quenching*)**

*Double quenching* adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah di karburasi dan didinginkan pada temperatur kamar kemudian dipanaskan lagi di luar kotak karbon pada temperatur kamar lalu didinginkan secara kejut. Tujuan dari metode ini untuk mendapat butir struktur yang lebih halus.

## **2.6 Media Pendingin (*Media Quenching*)**

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai macam media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain ( Arief, 2012 ) :

### 2.6.1 Air

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Biasanya ke dalam air tersebut dilarutkan garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda kerja dan mengakibatkan bahan menjadi keras. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain. Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut (Dugan, 1972; Hutchinson, 1975; Miller, 1992). Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni  $0^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}\text{F}$ ) –  $100^{\circ}\text{C}$ , air berwujud cair. Suhu  $0^{\circ}\text{C}$  merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  merupakan titik didih (*boiling point*) air. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas atau dingin dalam seketika. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan air es dalam proses pendinginan setelah proses *Heat Treatment* karena dapat mendinginkan logam yang telah dipanaskan secara cepat. Suhu air es berkisar antara  $0^{\circ}\text{C}$ – $5^{\circ}\text{C}$ , densitas (berat jenis) air maksimum sebesar  $1\text{ g/cm}^3$  terjadi pada suhu  $3,95^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu lebih besar maupun lebih kecil dari  $3,95^{\circ}\text{C}$ , densitas air lebih kecil dari satu (Moss, 1993; Tebbut, 1992)

### 2.6.2 Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai pendingin pada proses perlakuan panas, dapat juga digunakan oli, minyak bakar atau solar.

### 2.6.3 Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara. Adapun

pendinginan pada udara terbuka akan memberikan oksidasi oksigen terhadap proses pendinginan.

#### **2.6.4 Garam**

Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbedabeda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

#### **2.7 Kekerasan**

Kekerasan adalah ketahanan sebuah benda (baja karbon) terhadap penetrasi /daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. Kekerasan suatu baja tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan pekerjaan dingin, seperti pengerolan, penarikan dan sebagainya. Dengan perlakuan panas kekerasan baja dapat ditingkatkan sesuai kebutuhan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain :

- a. Komposisi kimia
- b. Proses perlakuan panas yang digunakan
- c. Metode pendinginan yang digunakan
- d. Temperatur proses.
- e. Lamanya pemanasan

#### **2.8 Pengujian Kekerasan**

Proses pengujian kekerasan logam dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap, ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji. Harga kekerasan bahan tersebut dapat dianalisis dari besarnya beban yang diberikan terhadap luasan bidang yang menerima pembebanan.

Secara garis besar terdapat tiga metode pengujian kekerasan logam yaitu penekanan, goresan, dan dinamik. Proses pengujian yang mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan yaitu dengan metode penekanan. Dikenal ada tiga jenis metode penekanan, yaitu : *Rockwell*, *Brinell*, *Vickers* yang masing-masing memiliki perbedaan dalam cara menentukan angka kekerasannya.

Pada pengujian ini pengujian dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan metode pengujian *Rockwell*. Pada metode pengujian *Rockwell* pengukuran langsung dilakukan oleh mesin, dan mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang diuji.

## 2.9 Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Uji kekerasan *Rockwell* sering dipakai untuk meterial yang keras. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras, dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian bagian yang mendapatkan perlakuan panas yang lengkap, dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan (Callister, 2000 ; Surdia dan Saito, 2000).



Gambar 2.4 Alat Pengujian Kekerasan *Rockwell*

(sumber: <http://www.alatuji.com/detail/202/514/xhr-150-plastics-rockwell-hardness-tester>)

### 2.1.0 Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop, permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksikan dengan reagen kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan *etching*.

Untuk mengetahui sifat dari suatu logam, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap logam dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, kita dapat meramalkan struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu. Dan dari struktur mikro kita dapat melihat :

- a. Ukuran dan bentuk butir
- b. Distribusi fasa yang terdapat dalam material khususnya logam
- c. Pengotor yang terdapat dalam material

Dari struktur mikro kita juga dapat memprediksi sifat mekanik dari suatu material sesuai dengan yang kita inginkan ( Saputra: 2015)

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sugu Kayu Manual

Sugu atau Ketam kayu manual merupakan alat pertukangan kayu yang digunakan baik untuk mendapatkan ukuran kayu tertentu, membuat profil maupun menghaluskan permukaan kayu yang sulit didapatkan dengan menggunakan ketam mesin.



Gambar 2.1 Sugu Kayu Manual  
(Sumber : Tokopedia.com)

### 2.2 Baja Karbon

Menurut Sumiyanto (2012), baja karbon merupakan salah satu jenis baja yang dapat diubah sifat mekanisnya dengan cara perlakuan panas (*Heat Treatment*).

Pada penelitian yang pernah dilakukan Bambang Kuswanto (2010), (Perlakuan *pack carburizing* pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna). Penelitian dilakukan terhadap baja karbon rendah melalui proses *pack carburizing* temperatur  $900^{\circ}\text{C}$ , waktu penahanan 2 Jam. Dari percobaan ini menghasilkan kesimpulan bahwa telah terjadi difusi atom karbon (C) kedalam struktur baja. Hal ini ditunjukkan adanya kenaikan kekerasan permukaan material dan perubahan struktur micro.

Pada Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon dibawah 2% menjadi perhatian utama untuk